

# 쌍안정 카이랄 스플레이 네마틱을 이용한 반사형 듀얼 모드

## LCD의 광학설계

### Optical Design of Reflective Dual Mode Liquid Crystal

### Display Using BCSN

이중하, 윤태훈, 김재창  
 부산대학교 전자공학과  
 joonghalee@gmail.com

최근 Liquid Crystal Display (LCD)는 고속응답, 높은 명암비, 광시야각 등 다양한 부분에서 그 성능이 향상되고 있다. 연구자들은 LCD의 다이내믹 모드의 구동을 위하여, Vertical Alignment, In-Plane Switching, Twist Nematic, Optically Compensated Bend (OCB) 모드 등을 사용하고 있다. 이 중에서 OCB 모드는 그 응답시간이 다른 모드들에 비하여 수 십에서 수 백 us로써 매우 빠른 특성을 가지고 있다. OCB 모드의 고속응답특성을 활용하여 우리는 동영상 구현에 적합한 LCD를 제작할 수 있다. OCB 모드의 이러한 특성에 반해, Bistable Twisted Nematic, Bistable Nematic, Zenithal Bistable Display, Bistable Chiral Splay Nematic<sup>(1)</sup>로 대표되는 메모리 모드는 정지된 화상을 구현하기에 적합한 모드이다. 우리는 이러한 다이내믹 및 메모리 모드를 동시에 구현할 수 있는 모드, 이른바 듀얼 모드 LCD를 제안했다.<sup>(2)</sup> 듀얼 모드는 광원의 종류에 따라서 투과형, 반투과형, 반사형으로 구분할 수 있다. 투과형 듀얼 모드는 실내에서 광학적으로 가장 좋은 특성을 나타낸다. 그러나 실외에서는 태양광에 의해 실내에 비하여 광특성이 저하된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 우리는 메모리 모드는 반사형으로 사용되고 다이내믹 모드는 투과형으로 사용하는 반투과형 듀얼 모드 LCD를 제안하여 실내는 물론 실외에서도 성능저하가 비교적 적은 듀얼 모드 또한 제작했다. 그럼에도 불구하고 주로 실외에서 사용되는 광고판, 전광판, 안내판 등에서는 다이내믹 모드의 광특성을 실내와 같이 향상시킬 수는 없었다.

본 논문에서는 실외에서 구동되는 동영상과 정지화상 구현에 적합한 LCD를 위하여 다이내믹과 메모리 모드 양쪽 모두 반사형으로 동작시킬 수 있는 반사형 듀얼 모드를 제안한다. 제안된 반사형 듀얼 모드의 광학 설계에서 다이내믹 모드는 낮은 밴드에서 가장 밝은 상태를, 높은 밴드에서 가장 어두운 상태를 가질 수 있도록 설계되었으며, 메모리 모드는 스플레이에서는 보라색으로 180도 트위스트에서는 흰색으로 구별할 수 있도록 설계하고 그림 1에 나타냈다. LC셀 가장 윗부분부터 편광판, positive a 필름 (+A 필름), LC 층, 반사판으로 구성되어 있으며, 편광판의 흡수축을 90도로 했을 때, +A 필름의 광축의 각도는 135도, LC 층의 러빙 방향은 45도로 각각 구성되어 있다. 이러한 구성은 메모리 모드에서는 스플레이 상태일 때에는 LC층과 +A 필름이 서로 90도로 이루어져 있으므로 위상지연값을 서로 상쇄시켜서  $(5/4) \times (\text{설계과장})$ 의 액정층만이 존재하는 경우와 동일하게 되어 설계과장 550nm에서는 어두운 상태가 되어 보라색을 나타내며, 180도 트위스트 상태에서는 설계과장에서 밝은 상태가 되어 스플레이와 180도 트위스트 상태에서는 색깔로 구별할 수 있게 된다. 또한 다이내믹 모드에서는 액정층에 낮은 전압을 인가하여 낮은 밴드 상태로 될 때, +A 필름과 액정층의 위상지연값이 완전히 상쇄되어 전체적인 LC 셀의 구조는 광학적으로 편광판 1장과 반사판만이 존재하는 것과 같으므로 밝은 상태를 구현하며, 액정층에 높은 전압을 인가하여 높은 밴드 상태로 될 때, +A 필름과 액정층의 위상지연값의 상쇄로 인하여

편광판과 반사판 사이에 광축이 135도인 +A 필름만이 존재하는 구조가 되어 어두운 상태를 구현한다.

상용 시뮬레이션 프로그램인 Dimos 2.0으로 제안된 반사형 듀얼 모드의 광특성을 시뮬레이션했다. 그 결과를 그림 2, 3, 4에 나타냈다. 그림 2는 메모리 모드의 스플레이 상태 및 180도 트위스트 상태일 때의 파장에 따른 반사율을 나타냈다. 예상했던 결과와 같이 스플레이 상태일 때는 설계파장에서 낮은 반사율을 나타내어 셀은 보라색을 띠는 것을 알 수 있으며, 180도 트위스트 상태일 때는 높은 반사율을 구현하고 있다. 그림 3은 다이내믹 모드의 인가전압에 따른 반사율을 나타냈다. 구동전압은 1.3 V에서 3.4 V이다. 1.3 V를 제작된 셀에 인가할 때 낮은 벤드 상태가 되어 밝은 상태를 구현하고, 3.4 V를 인가하였을 때는 어두운 상태를 구현한다. 가장 어두운 상태와 가장 밝은 상태일 때의 파장에 따른 반사율을 그림 4에 나타냈다. 그림과 같이 우리는 다이내믹 모드에서 가장 밝은 상태에서는 모든 가시광 영역에서 약 40%의 반사율을, 어두운 상태에서는 10% 미만의 반사율을 가지는 것을 확인할 수 있다.

This research was supported by a grant (F0004050-2008-31) from Information Display R&D Center One of the 21st Century Frontier R&D Program funded by Ministry of Knowledge Economy of Korea government, and by the Second Phase BK21 Program of the Ministry of Education & Human Resources Development, Korea.

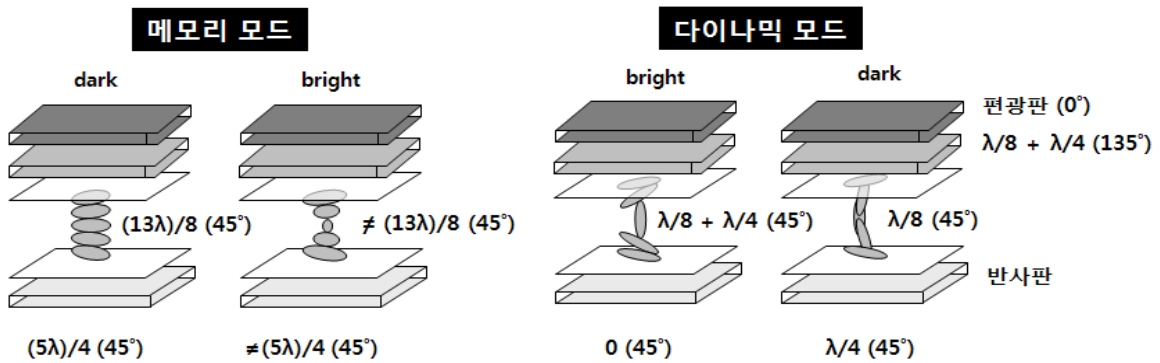


그림 1. 반사형 듀얼 모드의 구조

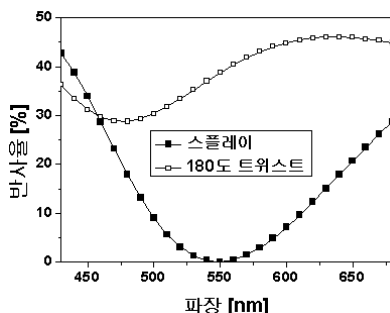


그림 2. 메모리 모드의 파장분산특성

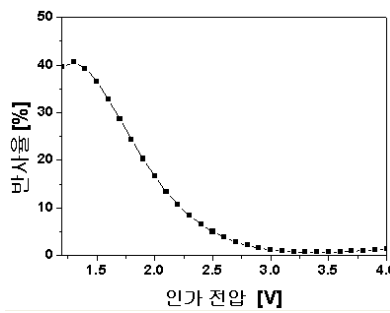


그림 3. 다이내믹 모드의 전기광학특성

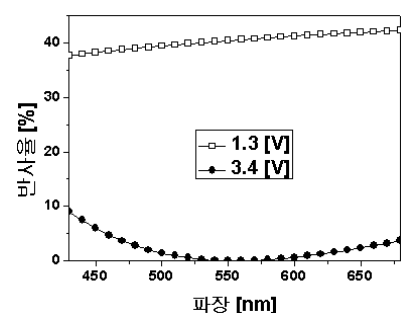


그림 4. 다이내믹 모드의 파장분산특성

1. S. H. Lee, K.-H. Park, T.-H. Yoon, and J. C. Kim "Bistable chiral-splay nematic liquid crystal device using horizontal switching," Appl. Phys. Lett., Vol. 82, 4215 (2003).
2. C. G. Jhun, C. P. Chen, U. J. Lee, S. R. Lee, T.-H. Yoon, and J. C. Kim "Tristate liquid crystal display with memory and dynamic operating modes," Appl. Phys. Lett., Vol. 89, 123507 (2006).